

УДК 544.022.82:664

ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ МОДИФІКАЦІЇ НА РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗЧИНІВ ПОЛІСАХАРИДІВ В ТЕХНОЛОГІЇ КАПСУЛЬОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ

О. Ю. Нагорний

Асистент кафедри*

E-mail: aj.nagornij@gmail.com

О. П. Неклеса

Асистент кафедри*

Є. П. Пивоваров*

*Харківський державний університет

харчування та торгівлі

вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61000

В даній роботі вивчено вплив дії фізико-хімічної модифікації у вигляді дії ультразвукових хвиль (УЗ), інжекції імпульсних впливів та диспергуванню в плунжерному гомогенізаторі на розчини натрієвої солі карбоксиметилцелюлози. Встановлено закономірності зміни фізичних властивостей розчинів полімеру з метою використання їх в технології одержання харчової продукції з капсульною структурою

Ключові слова: капсулювання, фізико-хімічна модифікація, в'язкість, полімер, натрієва сіль карбоксиметилцелюлози (NaКМЦ), деградація

В представленной работе изучено влияние воздействия физико-химической модификации в виде действия ультразвуковых волн (УВ), инъекции импульсных воздействий и диспергирования в плунжерной гомогенизаторе на растворы натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы. Определены закономерности изменения физических свойств растворов полимера с целью использования их в технологии получения пищевой продукции с капсулированной структурой

Ключевые слова: капсулирование, физико-химическая модификация, вязкость, полимер, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ), деградация

1. Вступ

Використання іоногенних полісахаридів у технології одержання харчової продукції з капсульною структурою є дуже перспективним, оскільки при їх розчиненні за певних концентрацій утворюються істинні високомолекулярні розчини. З огляду на попередні дослідження [1] встановлено, що присутність в рецептурній суміші для капсулювання більш високої концентрації полімеру призводить до зменшення вологовиділяючої здатності ВВЗ капсул, вірогідно, за рахунок утворення в інкапсулянті сітки полімеру з властивостями в'язко-пластичного тіла. Але підвищення концентрації NaКМЦ у складі рецептурної суміші є лімітуючим фактором, оскільки за досягнення критичної концентрації унеможливорює процес екструзії в крапельному режимі з отриманням структурованих систем у формі сфери, тобто, які за

коефіцієнтом форми відповідали умові $k_f = \frac{d_{\text{верт.}}}{d_{\text{гориз.}}} = 1$.

Виходячи з сформульованих передумов виникає необхідність вирішення двох взаємно протилежних задач – з одного боку, необхідність підвищення

концентрації полісахаридів в інкапсулянті, що є ключовим для покращення споживчих властивостей кінцевої продукції, а з іншого боку, підвищення концентрації полісахариду унеможливорює крапельну екструзію. Нами сформульовано робочу гіпотезу, що упереджуюча УЗД, модифікація розчинів NaКМЦ дозволить ліквідувати ці протиріччя. Нами вивчено вплив фізичної модифікації на структурно-механічні властивості розчинів натрієвої солі карбоксиметилцелюлози.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Автори [4] займалися проблемою вивчення природи газу, в атмосфері якого проводили обробку 5% водного розчину натрієвої солі карбоксиметилцелюлози, на зміну його молекулярної маси.

Авторами [5 – 6] вивчено проблему впливу ультразвуку на розчини ефірів целюлози, встановлено, що початок зниження молекулярної маси полісахаридів співпадає з досягненням порогу кавітації. Аналізуючи наведені дослідження науковців, можна зробити висновок, що застосування принципів фізичної модифікації

дозволить вирішити технологічні проблеми пов'язані із стрімким зростанням в'язкості полісахариду при певних його концентраціях.

3. Мета роботи

Основною метою дослідження є встановлення закономірностей впливу фізичної дії УЗ-хвиль на реологічні властивості розчину натрієвої солі карбоксиметилцелюлози.

4. Викладення основного матеріалу

Проведені дослідження [2] свідчать, що механо-деструкція розчинів і рідких дисперсій полісахаридів дозволяє суттєво змінювати здатність до самочинного та примусового розпаду струї на краплі і надає можливість розширити діапазон робочих концентрацій розчинів для екструзії, які забезпечують монодисперсний характер розпаду. Важливою передумовою є висока екологічність, доступність та безпечність для людини метод механічного впливу на технологічні процеси, які також дозволяють провести хімічну активацію полісахаридів, в напоразмірному діапазоні [6].

УЗ-дія на розчинення, екстрагування, емульгування, гомогенізацію, піноутворення, розчинів полісахаридів досягається за рахунок двох характерних проявів кавітації: ударних хвиль і кумулятивних цівок, що утворюються при зачиненні кавітаційних бульбашок. Кумулятивні цівки руйнують поверхневі шари і поверхню твердого тіла за рахунок кінетичної енергії рідини. Дрібні частинки твердого тіла, розміри яких співмірні з поперечним перерізом кумулятивних струменів, захоплюються ними і дають додатковий внесок у процес руйнування поверхневих шарів і самих твердих часток, що знаходяться в рідині. [7 – 9].

Аналізуючи інформацію [10] з приводу впливу ультразвуку на розчини і гелі полісахаридів, можна виділити три можливі ступені деградації систем полісахарид-розчинник залежно від кількості поглиненої акустичної енергії, яка при даній інтенсивності визначається часом впливу:

- руйнування фізичної сітки гелю, розщеплення частинок гелю-фракції і збільшення вмісту золь-фракції без помітного зниження молекулярної маси (короткочасний вплив);
- деструкція полісахариду, зниження полідисперсності за молекулярною масою (озвучування протягом декількох хвилин);
- глибока механодеструкція, яка при накопиченні низькомолекулярних продуктів розпаду, зокрема нижчих карбонових кислот, супроводжується активованим гідролізом (озвучування протягом декількох годин).

Нами співставлено ефективність трьох методів фізичної модифікації на 2,0% водному розчині натрієвої солі карбоксиметилцелюлози. Перший метод впливу – це ультразвукові хвилі частотою 22 кГц, які впливали на розчин об'ємом 100 мл протягом 10х60 с. Другий метод впливу – гомогенізація розчину, шляхом пропускання розчину через робочу камеру плунжерного гомогенізатора при робочому тиску 100 ат. про-

тягом 10х60 с. Третій метод впливу – це пропускання розчину через роторно-імпульсний апарат з відстанню між ротором та статором робочої камери $PIA\ 4,5 \times 10^{-3}$ м. протягом 10х60 с. Як видно із даних рис. 1 найбільший ефект механодеструкції порівнянно з нативним розчином полісахариду досягається шляхом впливу на розчин ультразвукових хвиль (крива □).

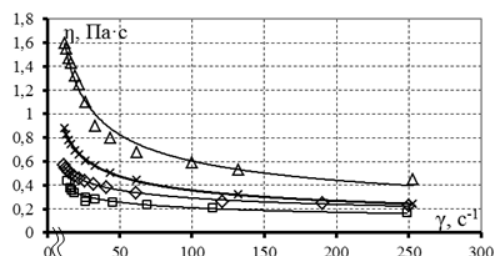


Рис. 1. Залежність в'язкості від швидкості зсуву розчинів натрієвої солі карбоксиметилцелюлози ($C_{NaKMC}=2,0\%$): Δ – нативний розчин, розчини модифіковані різними методами: □ – вплив ультразвуку, ◇ – гомогенізація в плунжерному апараті, × – гомогенізація в роторно-імпульсному апараті

Так, аналізуючи експериментальні данні рис. 2, можна побачити, що за умови $\gamma=100\text{ с}^{-1}$, в'язкість розчину (NaKMC) обробленого в полі УЗ-хвиль дорівнює 0,20 Па·с а під дією плунжерного та роторного гомогенізаторів 0,30 Па·с та 0,35 Па·с відповідно. У порівнянні в'язкість нативного розчину становить майже 0,61 Па·с, що у три рази вище за в'язкість розчину модифікованого в полі УЗ-хвиль.

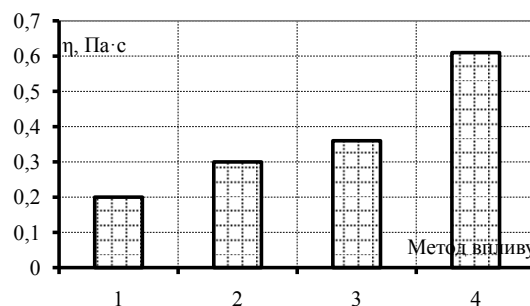
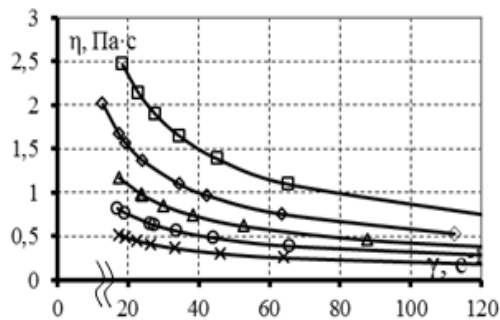


Рис. 2. Залежність в'язкості розчину натрієвої солі карбоксиметилцелюлози ($C_{NaKMC}=2,0\%$), $\gamma=50\text{ с}^{-1}$ від методу його фізичної модифікації: 1 – вплив ультразвуку, 2 – гомогенізація в плунжерному апараті, 3 – гомогенізація в роторно-імпульсному апараті, 4 – нативний розчин

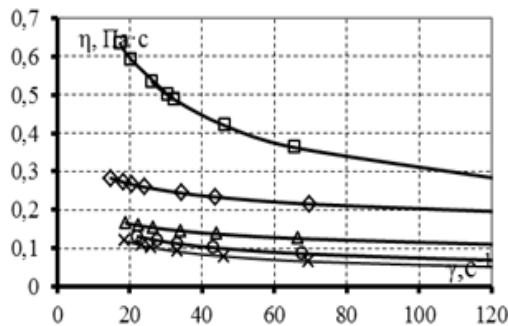
Виходячи з одержаних даних детально вивчено ефективність УЗ-дії на інтенсивність зміни властивостей розчинів залежно від концентрації. На рис. 3 наведені результати, що характеризують залежність в'язкості від швидкості зсуву розчинів NaKMC за різних концентрацій в нативному та модифікованому стані.

З експериментальних даних видно, що ефективна в'язкість модифікованих розчинів натрієвої солі карбоксиметилцелюлози значно знизилась у порівнянні з нативними розчинами.

На рис. 4 наведено данні залежності в'язкості розчинів NaKMC від концентрації.



а



б

Рис. 3. Залежність в'язкості розчинів від швидкості зсуву: а – нативні розчини, б – модифіковані розчини, за концентрацій розчину NaКМЦ: □ – 1,4%, ◇ – 1,2%, △ – 1,0%, ○ – 0,8%, × – 0,6%

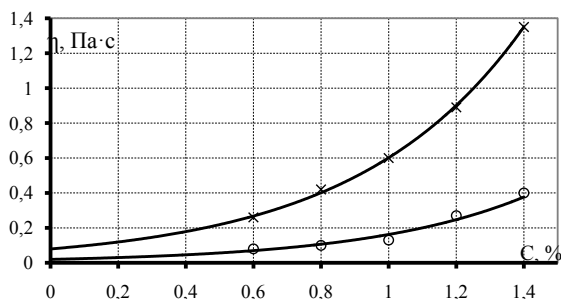


Рис. 4. Залежність в'язкості розчинів натрієвої солі карбоксиметилцелюлози ($\gamma = 50 \text{ s}^{-1}$) від концентрації: × – нативний розчин, ○ – модифікований розчин

Так, за тривалості обробки ультразвуком розчинів NaКМЦ $10 \times 60 \text{ с}$ в модифікованому еквіконцентрованому розчині (крива ○) в'язкість знизилась в 1,8...3,5 разів. Екстраполяційні порівняння свідчать, що УЗ-модифікація дозволяє збільшити концентрації полісахариду майже в 1,8 рази, що є дуже важливим параметром у багатьох технологічних процесах, де властивості харчових систем залежать від концентраційного ефекту речовини.

Падіння в'язкості високомолекулярного розчину NaКМЦ при механічній дії з великою вірогідністю можна пояснити локалізацією механічної енергії на окремих ділянках полімерного ланцюга, що при певних умовах приводить до внутрішніх напруг які перевищують міцність ковалентних або іонних зв'язків.

Нами спрогнозовано, що при обробці розчинів полісахаридів ультразвуком частково енергія хвиль

трансформується в енергію дисипації, про що свідчить зростання температури за цих умов. Після впливу на розчин його температура зростала з 20°C до $75\ldots 85^\circ\text{C}$. З врахуванням можливого впливу температури на ступінь модифікації розчину нами проведені дослідження, при попередньому підігріву розчину до температури 80°C , з метою зменшення витрат енергії хвиль на нагрів. Результати представлені на рис. 5.

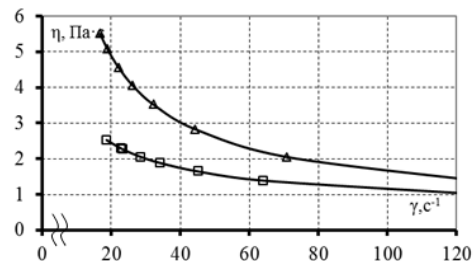


Рис. 5. Залежність в'язкості від швидкості зсуву модифікованого розчину натрієвої солі карбоксиметилцелюлози ($C_{\text{NaКМЦ}} = 2,5\%$) за температур обробки розчину: □ – 20°C , △ – 80°C

Встановлено залежність в'язкості від швидкості зсуву у 2,5% розчинах натрієвої солі карбоксиметилцелюлози, на які впливали ультразвуком при температурах 20°C та 80°C протягом $5 \times 60 \text{ с}$. Як видно, в'язкість розчинів в інтервалі швидкості зсуву $40 \leq \gamma \leq 100$, складає $1,8\ldots 1,1 \text{ Па}\cdot\text{с}$ для розчину з температурою 20°C , та $3,0\ldots 1,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$ відповідно для розчину з температурою 80°C . Це явище може бути пов'язано зі зростанням рухливості «еластичності» ланцюгів полімерів, яка досягається зменшенням ролі водневих зв'язків при нагріванні.

5. Апробація результатів досліджень

Нами розроблені технології та апаратурне оформлення виробництва капсульованих продуктів для різноманітних галузей харчової індустрії. Для м'ясної промисловості розроблено та впроваджено технологію капсульованих кетчупів, майонезі, гірчиць як складових частин фаршевої маси. Для молочної промисловості розроблена технологія капсульованих продуктів на основі плодово-ягідної сировини (соки, джеми і т. ін.). В усіх розроблених та впроваджених технологіях реалізується принцип фізичної модифікації рецептурної суміші до складу якої входить гідроколоїд NaКМЦ [3]. За всіма результатами досліджень є акти впровадження.

На сьогоднішній день виробнича фірма ТОВ «Капсулар» реалізує цей підхід модифікації полімеру у своїй продукції – продукт ікорний «Лососевий», «Осетровий» та «Осетровий золотистий».

6. Висновки

Визначено, що за обробки розчину натрієвої солі карбоксиметилцелюлози в полі УЗ-хвиль досягається максимальний ефект деструкції полімеру у порівнянні з гомогенізаторами плунжерного та роторно-імпульсного принципу дії. З експериментальних да-

них можна зробити висновок, що завдяки фізичній модифікації розчинів полімерів, що підлягають капсулюванню можна одержати капсульовані системи з заданими технологічними властивостями. Також зниження в'язкості поліпшує процес капсулювання, та підвищує його ефективність.

Об'єктом подальших досліджень стане вивчення закономірностей впливу фізичної модифікації на фізичні властивості розчинів, а саме взаємозв'язок молекулярної маси розчинів полімерів і поверхневого натягу, та вплив цих параметрів на процес краплеутворення розчинів.

Література

1. Нагорний, О. Ю. Дослідження фізико-хімічних змін наповнених гелів на основі натрію альгінату та натрійкарбоксиметилцелюлози [Текст] / О. Ю. Нагорний, Є. П. Пивоваров, П. П. Пивоваров; відпов. ред. О. І. Червко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2010. – Вип. 1 (11). – 503 с.: іл., табл.
2. Пивоваров, Є. П. Закономірності формування маси оболонок капсул, одержаних шляхом іонотропного гелеутворення [Текст]: зб. наук. пр. / Є. П. Пивоваров, О. Ю. Нагорний // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2010. – Вип. 38. – Том. 2. – 466 с.
3. Пивоваров, П. П. Инновационные технологии производства капсулированных продуктов [Текст] / П. П. Пивоваров, О. П. Неклеса, А. Ю. Нагорный // Научно-практический журнал «Продукты & ингредиенты». – 2013. – № 3 (12). – С. 24-25.
4. Kardos, N., Luche, J. // Carbohydrate Res. – 2001. – Vol. 332. – P. 115-131.
5. Nagarajan, R. Inst. Eng. [Text] / R. Nagarajan, G. S. Davies // Chem. Eng. Div. – India – 1980. – Vol. 60. – № 2. – P. 41-44.
6. Schmid, G., Rommel O. // Z. Electrochem. – 1939. – Bd. 45. – P. 659-657.
7. Doulah, M. S. // J. Appl. Polym. Sci. – 1978. – Vol. 22. – P. 1735-1742.
8. Szalay, A. Z. // Phys. Chem. – 1993. – Vol. A 164. – P. 234-240.
9. Freindlich H., Gillings D.W. // Trans Faraday. Soc. 1938. Vol. 34. P. 649 – 654.
10. Кошкар, Н. Г. Эфиры целлюлозы и крахмала: синтез, свойства, применения [Текст] / Н. Г. Кошкар, Н. Н. Верховская // Суздань, 2003. – С. 196-198.

В статті представлено результати досліджень впливу низьких температур та попередньої технологічної обробки перед заморожуванням на якість овочевих напівфабрикатів для перших та других страв на основі буряку столового. Встановлено зміни діапазонів температур кристалізації та плавлення води в досліджуваних зразках за різних режимів тушіння, а також зміни швидкості заморожування за різних режимів підсушування

Ключові слова: буряк столовий, тушіння, підсушування, швидкість заморожування, вимороження волога

В статье представлены результаты исследований влияния низких температур и предварительной технологической обработки перед замораживанием на качество овощных полуфабрикатов для первых и вторых блюд на основе свеклы столовой. Установлены изменения диапазонов температур кристаллизации и плавления воды в исследуемых образцах при различных режимах тушения, а также изменения скорости замораживания при различных режимах подсушивания

Ключевые слова: свекла столовая, тушение, подсушивание, скорость замораживания, вымороженная вода

УДК 65.012.12:664.8.037:635.11

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПРОЦЕС ЗАМОРОЖУВАННЯ ОВОЧЕВОГО НАПІВФАБРИКАТУ

А. М. Одарченко

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра товарознавства, управління якістю та екологічна безпека

Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: laboratory119@mail.ru

1. Вступ

В умовах зниження збереженості свіжих плодів і овочів, обумовленого зміною умов вирощування, механізацією процесів збирання і товарної політики,

одним з напрямів боротьби з втратами врожаю є зберігання його значної частини в замороженому вигляді. Найкращу збереженість вихідних властивостей плодовоовочевої сировини забезпечує швидке заморожування [1, 2].